

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

PUB-NO: DE003736671C1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3736671 C1

TITLE: Method for producing semiconductor components

PUBN-DATE: June 8, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
PAUL, BURTE EDMUND	N/A
HABLE, WOLFRAM	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH	N/A

APPL-NO: DE03736671

APPL-DATE: October 29, 1987

PRIORITY-DATA: DE03736671A (October 29, 1987)

INT-CL (IPC): H01L021/58, H01L021/60

EUR-CL (EPC): H01L021/60

US-CL-CURRENT: 29/827, 257/E21.51 , 438/FOR.369

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> Power semiconductor components having a soft-soldered semiconductor body with an active area approximately from 10 cm² can no longer be reliably produced, because of the thrust forces and transverse (shear) forces in the contact layers, as well as because of the wetting gaps which thereby likewise increase. The aim of the novel method is to permit a large-area soft-soldering connection of a semiconductor body with a contact component, and to prevent thermally induced mechanical stresses as far as possible in the construction of the two components. In the method, use is made of a contact plate which consists of at least two contact pieces. The components provided for the soldering connection are arranged in a stack on the contact pieces, which are put together to form the contact plate. The soft soldering is carried out using a vacuum phase and in a protective gas, and the soft solder is provided as tin solder or lead solder with additives

which
increase strength, such as copper and/or silver or tin, and/or with
additives
promoting wetting such as indium and/or antimony or silver. The
method relates
to high-performance semiconductor components for high-current
applications in
power electronics.

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3736671 C1

②① Aktenzeichen: P 37 36 671.8-33
②② Anmeldetag: 29. 10. 87
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 6. 89

⑤① Int. Cl. 4:
H01 L 21/60
H 01 L 21/58
// H01L 23/48,29/72,
29/74

DE 3736671 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Semikron Elektronik GmbH, 8500 Nürnberg, DE

⑦② Erfinder:
Burte, Edmund Paul, 8500 Nürnberg, DE; Hable,
Wolfram, 8430 Neumarkt, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	25 14 922 C2
DE	36 22 979 A1
DE	34 21 672 A1

⑤④ Verfahren zum Herstellen von Halbleiterbauelementen

Leistungshalbleiterbauelemente mit weichgelötetem Halbleiterkörper mit aktiver Fläche etwa ab 10 cm² sind infolge der mit der aktiven Fläche zunehmenden Schub- und Scherkräfte in den Kontaktschichten sowie infolge der damit ebenfalls zunehmenden Benetzungslücken nicht mehr zuverlässig herstellbar.

Das neue Verfahren soll eine großflächige Weichlötverbindung eines Halbleiterkörpers mit einem Kontaktbauteil ermöglichen und thermisch bedingte, mechanische Spannungen im Aufbau der beiden Bauteile weitestgehend vermeiden.

Bei dem Verfahren wird eine wenigstens aus zwei Kontaktstücken bestehende Kontaktplatte verwendet, die zur Lötverbindung vorgesehenen Bauteile werden im Stapel auf den in Form der Kontaktplatte zusammengelegten Kontaktstücken angeordnet, das Weichlöten wird mit Vakuumphase und unter Schutzgas durchgeführt, und als Weichlot werden Zinn- oder Bleilote verwendet mit die Festigkeit erhöhenden Zusätzen wie Kupfer und/oder Silber bzw. Zinn und/oder mit die Benetzung fördernden Zusätzen wie Indium und/oder Antimon bzw. Silber.

Das Verfahren betrifft Hochleistungs-Halbleiterbauelemente für Hochstromanwendungen in der Leistungselektronik.

DE 3736671 C1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, den üblicherweise scheibenförmigen Halbleiterkörper von Leistungs- Halbleiterbauelementen durch Löten, durch Legieren oder durch Druck mittels Federkraft mit weiteren Bauteilen zu verbinden.

Das Löten beschränkt sich auf Weichlötprozesse; die bei Verwendung von Hartloten erforderlichen Verfahrenstemperaturen können die Eigenschaften des Halbleitermaterials unerwünscht beeinträchtigen. Für Weichlotverbindungen des Halbleitermaterials sind sogenannte Halbleiterweichlote auf der Basis Zinn bzw. Blei bekannt. Löten und Legieren erfordert wohl einen geringen Materialeinsatz, jedoch einen hohen Verfahrensaufwand. Kontaktieren durch Druck mittels Federkraft bedingt dagegen hohe Materialkosten.

In der DE-OS 34 21 672 ist ein wechsellastbeständiges, schaltbares Halbleiterbauelement bekannt, das eine hohe Strombelastbarkeit für Wechselbelastung, eine behandlungsunabhängige Langzeitstabilität und druckkontaktierten Aufbau mit niedrigem Wärmewiderstand aufweist, wobei der Halbleiterkörper zwischen zwei ringförmigen Isolierkörpern angeordnet ist und durch eine beiderseitige Lötverbindung mit je einem Kontaktstück aus Molybdän verbunden ist. Die freie Oberfläche der Kontaktstücke weist eine für Druckkontaktierung geeignete Metallisierung auf.

Solche Lötkontakte sind aufgrund der starren, stoffschlüssigen Verbindung aneinandergrenzender Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bei den im Fertigungs- bzw. Betriebsablauf auftretenden Temperaturen erheblichen Schub- und Scherkräften unterworfen. Diese führen bei — für Halbleiterbauelemente großen — Verbindungsflächen etwa ab 7 cm² häufig zur Verwölbung des Bauteilaufbaus. Weiter kann eine unvollständige Benetzung der Kontaktflächen mit dem Lotmetall Ausfälle zur Folge haben.

Die aufgezeigten Nachteile standen bisher einer Herstellung von Lötverbindungen bei Leistungs-Halbleiterbauelementen mit einer aktiven Fläche von etwa 10 cm² und darüber generell entgegen.

Andererseits sind Lötkontakte im Vergleich zu Druckkontakten thermisch höher belastbar, insbesondere bei Stoßstrombelastung, sowie kostengünstiger.

Die Fortschritte in der Herstellung von Halbleiterbauelementen der Leistungselektronik betreffen unter anderem die Erzeugung und Bearbeitung von Halbleiterausgangsscheiben mit immer größerer Flächenausdehnung und damit auch die Fertigung von Hochleistungsbauelementen mit großer aktiver Fläche. Gerade bezüglich solcher Bauelemente besteht unverändert ein Bedürfnis nach Bauformen mit optimalem thermischen Betriebsverhalten, das heißt aber nach Anordnungen mit einer Lötverbindung großer Kontaktflächen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Leistungs-Halbleiterbauelement zu schaffen, bei dem der eine große Flächenausdehnung aufweisende Halbleiterkörper wenigstens einseitig über eine großflächige Lötverbindung mit einem Kontaktbauteil verbunden wird ohne daß mechanische Spannungen als Folge einer Wärmebehandlung zu unerwünschter Veränderung des Aufbaus führen.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht bei einem Verfahren der eingangs genannten Art in den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausge-

staltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 12 angegeben.

Der zu kontaktierende Halbleiterkörper weist eine Schichtenfolge mit wenigstens einem pn-Übergang auf. Zu seiner Verbindung mit einem Kontaktbauteil an wenigstens einer seiner Hauptflächen wird die Kontaktplatte, z. B. aus Molybdän oder Wolfram, in mehrere Kontaktstücke zerteilt. Aus diesen wird vor dem Herstellen der Lötverbindung durch entsprechendes Zusammenfügen die Kontaktplatte gebildet. Die Kontaktstücke können demnach jede beliebige Form aufweisen mit der Maßgabe, daß die mit ihnen zu verbindende Hauptfläche des Halbleiterkörpers von ihnen im wesentlichen bedeckt wird.

Der Halbleiterkörper ist an der jeweiligen, zur Kontaktierung bestimmten Hauptfläche mit einer weichlötfähigen Metallisierung, z. B. aus Aluminium, Chrom, Nickel und Silber, versehen.

Bei Hochstrombauelementen sind bevorzugt kreis-scheibenförmige Halbleiterkörper vorgesehen, so daß vorteilhaft Kreissegmente oder Kreissektoren als Kontaktstücke verwendet werden. Die Dicke der Kontaktstücke kann etwa 0,5 bis 3 mm betragen. Die Kontaktstücke weisen an ihrer Lötfläche einen lötfähigen Überzug auf, der aus Nickel und/oder Silber bestehen kann.

Besonders wirtschaftlich sind vorbereitete Kontaktstücke aus großflächigem, durch Plattieren metallisierten Ausgangsmaterial. Diese sind an ihrer Mantelfläche blank, so daß sie beim Herstellen der Lötverbindung nicht benetzt werden. Unerwünschte Lotmetallbrücken werden dadurch vermieden.

Die Kontaktstücke werden gemäß dem Verfahren als Abschnitte des untersten Bauteils eines Stapels in möglichst geringem gegenseitigen Abstand in einer Vorrichtung angeordnet. Sie bilden in der Form der Kontaktplatte die ganzflächige Unterlage für den Halbleiterkörper. An der Gegenseite der Lötkontaktfläche werden die Kontaktstücke nach Fertigstellung des Bauelements durch Druck mittels Federkraft kontaktiert und sind daher an diese Seite entsprechend plan ausgebildet. Mit der Gegenseite liegen die Kontaktstücke zur Bildung des Bauteilstapels auf der Auflagefläche der Lötvorrichtung auf.

Auf die zur Kontaktplatte zusammengefügte Kontaktstücke wird eine ganzflächige Lotmetallfolie aufgelegt. Als Lotmetall wird ein Weichlot mit die mechanische Festigkeit erhöhenden und/oder die Benetzung fördernden Zusätze verwendet. Es können Weichlote auf der Basis von Zinn oder auf der Basis von Blei vorgesehen sein. Als Zusatz zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit werden bei Zinn als Basismetall Kupfer und/oder Silber mit einem Anteil von 1 bis 4 Gewichtsprozent und bei Blei als Basismetall Zinn mit einem Anteil von 1 bis 5 Gewichtsprozent verwendet. Weiter haben sich als benetzungsfördernde Zusätze Indium und/oder Antimon mit einem Anteil von 0,1 bis 1 Gewichtsprozent bei Zinn als Weichlotmetall sowie Silber mit einem Anteil von 1 bis 5 Gewichtsprozent bei Blei als Weichlotmetall als vorteilhaft erwiesen. Beispielsweise wird als Lotmetall eine eutektische Zinn-Kupfer-Verbindung mit 1 Gewichtsprozent Kupfer, Rest Zinn verwendet. Sie kann eine Dicke von etwa 70 µm aufweisen.

Auf die Lotronde wird nun der Halbleiterkörper mit seiner Kathodenseite aufgelegt. Die abschließende Schicht der lötfähigen Metallisierung des Halbleiterkörpers besteht vorzugsweise aus Silber. Damit ist aus den Teilen Kontaktstücke, Lotronde und Halbleiterkörper

ein Stapel gebildet, welcher in der Lötvorrichtung auch zentriert und noch mit einem entsprechenden Gewicht belastet wird.

Die vorteilhaft für gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Bauteilestapel ausgebildete und damit bestückte Lötvorrichtung wird in einen Ofen eingebracht, welcher für Betrieb mit Temperaturprogramm, mit Inertgasatmosphäre sowie mit Unterdruck vorgesehen ist und gasdicht verschließbar ausgebildet ist. Die Stapel werden zunächst bei Raumtemperatur unter Vakuum von einigen mbar gesetzt, um den Luftsauerstoff im Ofen zu entfernen. Danach wird der Ofen mit Formiergas (z. B. 8% Wasserstoff, Rest Stickstoff) gespült zur Reduktion der Bauteiloberflächen. Anschließend werden die Stapel auf eine Temperatur von etwa 30°C bis 50°C über der Liquidustemperatur des Lotmetalls erhitzt, um eine einwandfreie Schmelzphase zu gewährleisten. Während der Schmelzphase wird wieder Vakuum von einigen mbar erzeugt, um Gaseinschlüsse aus dem flüssigen Lot zu entfernen und eine einwandfreie Benetzung der Kontaktflächen sicherzustellen. Dann wird, noch bei Prozeßtemperatur, wieder Formiergasatmosphäre hergestellt, in welcher schließlich die gelöteten Stapel bis zum Erreichen der Raumtemperatur abkühlen.

Bei einem typischen Verfahrensverlauf werden kreissektorförmige Kontaktstücke mit 45° oder 90° und mit einer Kantenlänge von 20 mm sowie mit einer Dicke von 2 mm verwendet. Die lötfähige Beschichtung der Kontaktstücke besteht aus Nickel und Silber. Sie werden mit einem gegenseitigen Abstand von 0,5 mm in eine Lötvorrichtung eingelegt. Über eine ganzflächige Lötfolie aus einer Zinn-Kupfer-Legierung mit der oben angegebenen Dicke wird der scheibenförmige Halbleiterkörper mit seiner metallisierten Kathodenseite aufgelegt. Die Kontaktfläche weist einen Durchmesser von 42 mm auf. Mit den vorbeschriebenen Prozeßbedingungen, insbesondere mit Evakuierung des Ofenraumes und Spülen mit Formiergas, wird eine einwandfreie Benetzung sämtlicher Kontaktflächenabschnitte erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Halbleiterbauelementen mit großflächigem Halbleiterkörper, bei dem wenigstens eine der zur galvanischen Verbindung mit Kontaktbauteilen vorgesehenen, eine Metallisierung aufweisenden Hauptflächen des Halbleiterkörpers durch Weichlöten mit einer Kontaktplatte aus einem Material mit einem demjenigen des Halbleitermaterials angepaßten, thermischen Ausdehnungskoeffizienten fest verbunden wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- eine in wenigstens zwei Kontaktstücke zerteilte Kontaktplatte verwendet wird,
- die zur Verbindung durch Löten vorgesehenen Bauteile im Stapel auf den in Form der Kontaktplatte angeordneten Kontaktstücken angebracht werden,
- das Weichlöten mit Vakuumphase und unter Schutzgas durchgeführt wird, und
- ein Weichlotmetall mit die mechanische Festigkeit erhöhenden oder/und die Benetzung fördernden Zusätzen verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Weichlotmetall Zinn verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Weichlotmetall Blei verwendet

wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Weichlotmetall Zinn als die mechanische Festigkeit erhöhende Zusätze Kupfer und/oder Silber mit einem jeweiligen Anteil von 1 bis 4 Gewichtsprozent verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Weichlotmetall Zinn als benetzungsfördernde Zusätze Indium und/oder Antimon mit einem jeweiligen Anteil von 0,1 bis 1 Gewichtsprozent verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Weichlotmetall Blei als die mechanische Festigkeit erhöhender Zusatz Zinn mit einem Anteil von 1 bis 5 Gewichtsprozent verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Weichlotmetall Blei als benetzungsfördernder Zusatz Silber mit einem Anteil von 1 bis 5 Gewichtsprozent verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Kontaktstücke verwendet werden, die an jeder ihrer zum Löten vorgesehenen Flächen einen die Kontaktierung begünstigenden Überzug, beispielsweise aus Nickel und/oder Silber, aufweisen.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an den Kontaktflächen metallisierte und an den Mantelflächen blanke Kontaktstücke verwendet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein kreisseibenförmiger Halbleiterkörper durch Weichlöten mit kreissektorförmigen Kontaktstücken verbunden wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Stapel angeordneten Bauteile der Prozeßschrittfolge

- Vakuum von einigen mbar bei Raumtemperatur,
- Spülen mit Schutzgas bei Raumtemperatur,
- Wärmebehandlung bis etwa 30°C bis 50°C über der Liquidustemperatur des Lotmetalls,
- Vakuum von einigen mbar bei Prozeßtemperatur und
- Schutzgasströmung bei Prozeßtemperatur bis zum Abkühlen

unterworfen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Schutzgas Formiergas verwendet wird.

— Leerseite —